

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 mai 2003 (30.05.2003)

PCT

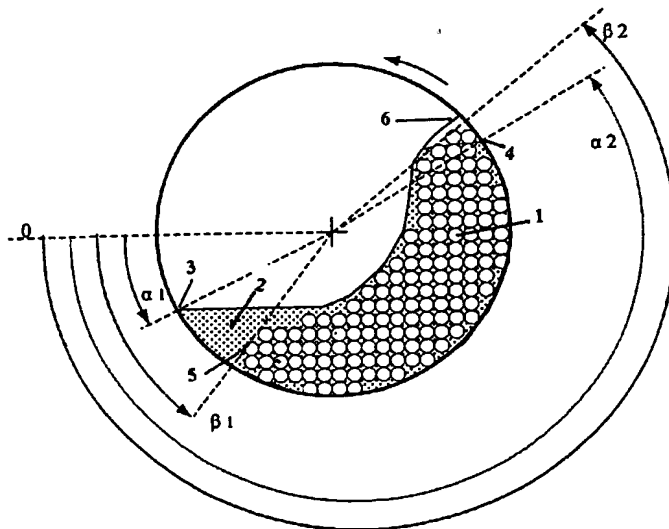
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/043740 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **B02C 17/18** (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
MAGOTTEAUX INTERNATIONAL [BE/BE]; Rue A.
Dumont, B-4051 Vaux-sous-Chevremont (BE).
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP02/12637 (72) Inventeur; et
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **DE HAAS,**
Bernard [BE/BE]; Rue de la Burdinale, 83, B-4210 Bur-
dinne (BE).
- (22) Date de dépôt international :
11 novembre 2002 (11.11.2002)
- (25) Langue de dépôt : français (74) Mandataires : **MEYERS, Ernest, etc.**; Office de Brevets
Meyers & Van Malderen, 261, route d'Arlon, B.P. 111,
L-8002 Strassen (LU).
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
2001/0758 22 novembre 2001 (22.11.2001) BE (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR EVALUATING THE FILLING RATE OF A TUBULAR ROTARY BALL MILL AND DEVICE THEREFOR

(54) Titre : PROCEDE D'EVALUATION DU TAUX DE REMPLISSAGE D'UN BROYEUR ROTATIF TUBULAIRE ET DISPOSITIF POUR SA MISE EN OEUVRE



(57) Abstract: The invention concerns a method which consists in establishing, by modelling, an algorithm which defines a relationship between the filling ratio of a ball mill and the angular positions of the bottom and the top of the mill content as well as of its absorbed power, in measuring, in the mill whereof the filling rate is to be determined, the angular positions of the bottom and the top of the content as well as of its absorbed power and in determining, on the basis of said measurements and algorithm, the filling rate of the mill.

[Suite sur la page suivante]

WO 03/043740 A1



DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Le procédé consiste à établir, par modélisation, un algorithme qui définit une relation entre le degré de remplissage d'un broyeur, d'une part, et les positions angulaires du pied et de la tête du contenu du broyeur ainsi que de sa puissance absorbée, d'autre part, à mesurer, dans le broyeur dont on veut déterminer le taux de remplissage, les positions angulaires du pied et de la tête du contenu ainsi que de sa puissance absorbée et à déterminer, à l'aide de ces mesures et de l'algorithme, le taux de remplissage du broyeur.

**PROCEDE D'EVALUATION DU TAUX DE REMPLISSAGE D'UN
BROYEUR ROTATIF TUBULAIRE ET DISPOSITIF POUR SA MISE EN
ŒUVRE**

5 La présente invention concerne un procédé d'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur rotatif tubulaire comprenant une virole cylindrique tournant autour de son axe longitudinal dont le contenu est constitué d'une charge d'engins broyants en alliage métallique et de la matière à broyer qui forme la pulpe à l'intérieur du broyeur au fur et à
10 mesure qu'elle est broyée, et occupe, pendant la rotation de celui-ci et vu dans le sens de la rotation, essentiellement le quatrième quart trigonométrique de la section du broyeur tandis que le pied du contenu se prolonge dans le troisième quart trigonométrique alors que la tête est remontée dans le premier quart trigonométrique. L'invention concerne également un
15 dispositif avantageux pour la mise en œuvre de ce procédé.

L'invention vise essentiellement les broyeurs du type broyeurs à boulets ou à barres, utilisés notamment pour le broyage du clinker ou le broyage du charbon et des minerais.

La connaissance du taux de remplissage d'un broyeur est particulièrement importante pour la conduite optimale des broyeurs miniers travaillant en voie humide car l'usure en engins broyants y est très importante et l'appoint en engins broyants doit être réalisé de façon quasi continue. Ceci nécessite de connaître à tout instant la quantité d'engins encore présente dans le broyeur et, par voie de conséquence, la possibilité de
20 mesurer séparément la quantité d'engins broyants et la quantité de pulpe contenue dans le broyeur.

On a constaté que les conditions de broyage optimales sont réalisées lorsque le volume de la pulpe correspond approximativement au volume des vides existant entre les engins broyants ou est légèrement supérieur à ce volume, sans toutefois le dépasser de 20%. Lorsque le
30 volume de la pulpe est trop faible, le rendement du broyage diminue et, surtout, les engins broyants qui sont en contact entre eux s'usent mutuellement. Lorsque le volume de la pulpe est trop grand le rendement du broyage diminue également. La connaissance de la quantité de pulpe
35 dans le broyeur permet, par conséquent, de régler l'alimentation du

broyeur de la façon la plus adéquate qui convient à un fonctionnement optimal du broyeur.

Parmi les nombreuses techniques actuellement connues pour déterminer le taux de remplissage d'un broyeur en fonctionnement, aucune n'a
5 donné entière satisfaction car, en général, elles sont, soit trop imprécises, soit incomplètes.

Un premier moyen consiste à mesurer l'évolution de la puissance absorbée par le broyeur. Cette puissance absorbée par le broyeur augmente avec le taux de remplissage jusqu'à atteindre un maximum au-delà
10 duquel elle commence à diminuer, notamment à cause de la moindre influence du balourd. La courbe de puissance présente un maximum très plat, ce qui diminue fortement la sensibilité de la mesure dès que l'on approche de ce maximum. Une telle méthode est décrite dans : "Canadian Mineral Processors" Proceedings 1998, paper n° 24 Ottawa, Ontario.

15 Une deuxième méthode consiste à mesurer les forces exercées sur le blindage. On dispose une plaque de blindage instrumentée dans le blindage et lorsque celle-ci pénètre dans la charge, la force exercée sur la plaque augmente subitement et diminue lorsque celle-ci sort de la charge. Cette mesure n'est applicable que dans un broyeur équipé d'un
20 blindage en caoutchouc et est très sensible à l'usure de la plaque instrumentée. Une telle méthode est décrite dans le brevet WO93/00996.

Une autre méthode consiste à mesurer la déformation de la virole du broyeur vu que celle-ci subit des déformations radiales et transversales qui sont d'autant plus importantes que le broyeur est rempli. La sensibilité
25 de cette mesure est réduite dans le cas d'un rapport L/D (longueur du broyeur sur diamètre) faible et par tout élément rigidifiant tel une cloison intermédiaire ou une forte épaisseur de la virole ou du blindage. Le principe de cette mesure est décrit dans l'article "Measurement System of the Mill charge in Grinding Ball Mill circuits" par J. Kolacz-Mineral
30 Engineering, Vol 10, No. 12, 1997 p 1329-1338.

On a également envisagé l'installation de pesons pour pouvoir effectuer une mesure directe du poids du broyeur. Toutefois, cette installation est peu aisée sur des broyeurs existants.

Une autre méthode consiste à mesurer le bruit engendré par les
35 chocs entre les corps broyants et le blindage du broyeur. Ce bruit augmente avec le taux de remplissage en engins broyants mais, la matière à

broyer amortissant les chocs, le bruit diminue lorsque le remplissage en matière augmente, d'où imprécision de la mesure. Pour effectuer ces mesures, on a utilisé des microphones qui sont placés près de la virole du broyeur pour capter les bruits. Cette méthode est toutefois influencée par
5 les bruits extérieurs (broyeurs avoisinants dans le hall de broyage) ainsi que d'autres facteurs tel que la nature de la matière broyée, la forme des corps broyants et l'usure du blindage. Une telle méthode est décrite dans l'article "New acoustic method for measuring the filling ratio of mill feed in tube mills" de F. Godler et J. Hagenbach, Zement-Kalk-Gyps No. 4/1994, p. E 114-E 119.
10

Le brevet allemand DE19933995A1 tente de remédier à l'interférence des différents bruits en remplaçant les microphones par des capteurs à ultrasons fixés à la virole. Ces capteurs mesurent les oscillations de la virole où ils sont fixés et non les bruits transmis à travers l'air, ce qui
15 résout le problème des bruits parasites.

Toutes les méthodes décrites ci-dessus ont, en outre, le handicap qu'elles ne permettent pas d'évaluer séparément le taux de remplissage en engins broyants et le taux de remplissage en pulpe ou matières à broyer.

20 La mesure par absorption d'ondes permet bien de distinguer la matière à broyer des boulets mais n'est pas applicable à tout type de matière et présente un danger pour la santé à cause des rayons X ou gamma.

Le but de la présente invention est de prévoir un nouveau procédé et dispositif qui permet une évaluation fiable du taux de remplissage, qui
25 peut être facilement mis en œuvre sur un broyeur existant et qui peut fournir séparément des informations pour ce qui concerne la charge broyante et la pulpe.

Pour atteindre cet objectif, la présente invention propose un procédé
30 du genre décrit dans le préambule qui est caractérisé en ce que l'on établit, par modélisation, un algorithme qui définit une relation entre le degré de remplissage d'un broyeur, d'une part, et les positions angulaires du pied et de la tête du contenu du broyeur, ainsi que de sa puissance absorbée, d'autre part, en ce que l'on mesure dans le broyeur dont on
35 veut déterminer le taux de remplissage les positions angulaires du pied et de la tête du contenu, ainsi que de sa puissance absorbée et en ce que

l'on détermine, à l'aide de ces mesures et de l'algorithme, le taux de remplissage du broyeur.

Ces mesures peuvent être effectuées séparément pour déterminer le taux de remplissage en engins broyants et celui de la pulpe.

5 Les positions angulaires du pied et de la tête de la charge broyante sont déterminées par voie inductive, tandis que les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe sont déterminées par voie conductive.

Le dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé pour l'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur dont la virole comporte un blindage
10 intérieur est caractérisé en ce que le blindage comporte au moins une plaque en résine ou élastomère dans lequel est intégré un système de détection destiné à détecter la position angulaire à laquelle le système pénètre dans le contenu du broyeur et la position angulaire à laquelle le système quitte le contenu du broyeur, en ce que la virole comporte un
15 capteur destiné à engendrer un signal de synchronisation à chaque tour du broyeur, en ce que les signaux fournis par le système de détection et le capteur sont traités dans un dispositif de traitement embarqué et envoyés par radio vers un centre de calcul.

Le dispositif de détection comporte, de préférence, un capteur induc-
20 tif pour déterminer les positions angulaires du pied et de la tête de la charge broyante et un capteur conductif pour déterminer les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe.

Tous les capteurs sont, de préférence, doublés et enfouis à des profondeurs différentes des plaques qui les portent afin d'entrer en service
25 successivement au fur et à mesure de l'usure des plaques.

D'autres particularités et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description détaillée d'un mode de réalisation préféré, présenté ci-dessous, à titre d'illustration, en référence aux dessins annexés dans
lesquels :

30 - la fig. 1 illustre schématiquement une coupe diamétrale à travers un broyeur ;

- la fig. 2 est une vue schématique d'une coupe longitudinale à travers un broyeur muni de l'équipement proposé par la présente invention ;

- la fig. 3 illustre schématiquement une coupe diamétrale à travers le
35 broyeur de la figure 2 ;

- les fig. 4 et 5 montrent une vue agrandie en coupe des plaques portant les capteurs ;

- la fig. 6 est une vue analogue à celle de la fig.1 illustrant les détails des positions angulaires et

5 - la fig. 7 montre un graphe représentant la corrélation entre le calcul fait suivant la présente invention et la pesée réelle des engins broyants.

La fig. 1 montre un broyeur dont la charge broyante 1 est constituée de boulets et qui contient une certaine quantité de matière à broyer 2 formant la pulpe. Le remplissage en boulets de broyage correspond
10 généralement, suivant les conditions de fonctionnement, à 20 à 40% du volume total du broyeur. Le volume de la pulpe correspond pour une opération optimale du broyeur, comme il a été précisé dans l'introduction, approximativement au volume des vides entre les boulets ou est légèrement supérieur sans le dépasser de 20%.

15 Pendant la rotation du broyeur dans le sens de la flèche sur la figure 1, le contenu du broyeur possède, en section, la forme globale d'un "haricot" et se concentre essentiellement dans le quatrième quart trigonométrique. Les pieds 3 et 5 de la pulpe, respectivement des boulets, s'étendent toutefois dans le troisième quart trigonométrique, tandis que
20 les têtes 4 et 6 de la pulpe, respectivement des boulets, sont relevées dans le premier quart trigonométrique.

En raison des constitutions différentes de la charge 1 et de la pulpe 2, leurs pieds respectifs 5 et 3 et leurs têtes respectives 6 et 4 occupent des positions angulaires différentes. C'est ainsi que la charge broyante 1
25 est relevée davantage que la pulpe 2. La présente invention, comme on le verra plus loin, met à profit ces différences pour déterminer séparément le volume de la charge et celui de la pulpe.

A cet effet, l'invention prévoit des capteurs qui déclenchent un signal électrique au moment où ils pénètrent dans la pulpe 2, respectivement la
30 charge 1, et un autre signal au moment où ils en sortent.

Pour la pulpe, l'invention a prévu des capteurs conductifs 7 et 8 par lesquels on procède à la mesure d'un courant créé par une pile chimique constituée par deux masses d'acier de compositions différentes formant des électrodes qui, reliées entre elles par un milieu conducteur constitué
35 par la pulpe, sont la source d'un courant électrique.

Ces masses d'acier sont intégrées à une plaque de résine ou élastomère 9 qui, pour la facilité de l'accès, peut être placée sur la porte du broyeur.

Dans un mode de réalisation avantageux, on a prévu une paire de capteurs 7, 8 montrés respectivement sur les figures 4 et 5. Comme on peut le constater, ces capteurs sont enfouis à des profondeurs différentes dans la plaque en élastomère 9. Ainsi, lorsque le capteur 7, 8 en surface de la figure 4 est dégradé par l'usure, le capteur 7, 8 de la figure 5 enfoui dans la plaque 9 peut prendre le relais.

Lors de la rotation du broyeur, au moment où les électrodes 7 et 8 du capteur pénètrent dans la pulpe, celle-ci permet le passage d'un courant entre ces électrodes déclenchant ainsi un signal dont l'apparition permet de déterminer la position angulaire du pied 3 de la pulpe. De même, lorsque les électrodes 7, 8 sortent de la pulpe, le courant est interrompu et le moment de cette interruption fournit une information sur la position angulaire de la tête de pulpe 4.

Ce type de mesure ne peut pas être utilisé pour la charge broyante 1 à cause de la nature discontinue de ce milieu. Pour effectuer cette mesure on utilisera un capteur inductif 10, connu en soi, qui sera également disposé dans la plaque 9 de la porte et noyé dans la masse de la résine. Comme le montrent les figures 2, 4 et 5 on utilisera également deux capteurs 10 enfouis à des profondeurs différentes pour pouvoir poursuivre les mesures lorsque le capteur en surface est dégradé par l'usure.

Le fonctionnement est analogue à ce qui a été décrit ci-dessus. Lorsque le broyeur tourne, au moment où les capteurs inductifs 10 entrent dans la charge d'engins broyants 1, ils détectent une modification du champ électrique ce qui engendre un signal dont le moment d'apparition permet de positionner le pied 5 de la charge. Lorsque les capteurs inductifs 10 quittent la charge, ils détectent une nouvelle variation de champ électrique, ce qui permet de positionner la tête de la charge 6.

Pour pouvoir déterminer ces positions angulaires, il est nécessaire d'avoir un point de référence. C'est la raison pour laquelle un signal de synchronisation est généré à chaque tour du broyeur par un dispositif de cellules, par exemple photoélectriques, prévues respectivement sur la virole et sur un châssis fixe et permettant de fournir une référence pour la détermination des positions angulaires. Si ce signal constitue le point de

départ, en connaissant la vitesse de rotation du tambour, les moments d'apparition et de disparition des signaux de mesure fournissent une indication des positions angulaires des pieds 3 et 5 et des têtes 4 et 6 par rapport à un point de référence pouvant être celui de la position du
5 dispositif de synchronisation.

Les signaux fournis par les capteurs sont enregistrés, filtrés et traités par un système embarqué 12 fixé à la virole qui, les envoie par radio vers un centre de calcul non représenté. Tous ces dispositifs embarqués peuvent être alimentés par un générateur électrique 13 fixé sur la virole
10 ou par transmission d'énergie par voie inductive.

La figure 6 illustre schématiquement les mesures fournies par les capteurs 7, 8 et 10. Il s'agit des angles α_1 et α_2 du pied 3, respectivement de la tête 4, de la pulpe, ainsi que des angles β_1 et β_2 du pied 5, respectivement de la tête 6, de la charge broyante. Ces angles sont mesurés par
15 rapport à un axe de référence déterminé, en l'occurrence, par le dispositif de synchronisation.

Afin de pouvoir évaluer le taux de remplissage en charge broyante et en pulpe, on établit des modèles mathématiques de la formule suivante :

$$\begin{aligned} J_1 &= a_1 \alpha_1 + b_1 \alpha_2 + c_1 k.W. + d_1 \\ J_2 &= a_2 \beta_1 + b_2 \beta_2 + c_2 k.W. + d_2 \end{aligned}$$

20

dans lesquelles :

- J_1 représente le volume de la pulpe/volume du broyeur ;
- J_2 représente le volume de la charge/volume du broyeur ;
- a, b, c, d sont des coefficients paramétriques ;
- 25 • kW est la puissance absorbée mesurée par des moyens connus en soi.

Ces modèles, notamment les coefficients paramétriques, peuvent être déterminés de manière empirique en introduisant dans un modèle de broyeur, différentes quantités connues de charge broyante et de pulpe et
30 en mesurant, à chaque fois, les angles $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ et β_2 ainsi que la puissance absorbée.

Des essais en station pilote ont révélé que le procédé d'évaluation proposé par l'invention permet de travailler avec une grande précision. La figure 7 résume les résultats de tels essais pour l'évaluation du taux de
35 remplissage en engins broyants pour le broyage de minerais.

La charge pour ces essais était composée de boulets de 40 mm et 25 mm de diamètre. Le pourcentage relatif minerais - eau a été maintenu constant et la vitesse du broyeur était de 34 tours par minute. Le remplissage du broyeur en boulets a été augmenté progressivement de
5 700 kg à 900 kg par appoints compris entre 8 et 20 kg. Le remplissage en pulpe n'a pas été contrôlé mais était le résultat de l'évolution du processus et a varié entre 289 et 443 kg.

La ligne droite sur la figure 7 représente les quantités réelles de boulets dans le broyeur. Les points représentent les évaluations de la
10 quantité de boulets obtenues grâce au modèle mathématique précité et à base de la mesure des angles α_1 et α_2 ainsi que de la puissance absorbée. Ces essais ont montré que l'invention permet une évaluation du taux de remplissage en boulets avec une précision de l'ordre de 98 %.

La mesure des positions angulaires α_1 et α_2 concernant la pulpe
15 fournit, à titre complémentaire, des renseignements sur la fluidité de la pulpe, c'est-à-dire sa teneur en eau. En effet, le relevage de la pulpe, donc l'angle α_2 , est d'autant plus faible que la fluidité est plus grande. Ces connaissances contribuent également à une optimisation de la marche du broyeur.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'évaluation du taux de remplissage d'un broyeur rotatif tubulaire comprenant une virole cylindrique tournant autour de son
5 axe longitudinal, dont le contenu est constitué d'une charge d'engins
broyants en alliage métallique et de la matière à broyer qui forme la pulpe
à l'intérieur du broyeur au fur à mesure qu'elle est broyée, dans lequel le
contenu du broyeur occupe, pendant la rotation de celui-ci, et vu dans le
10 sens de la rotation, essentiellement le quatrième quart trigonométrique de
la section du broyeur, tandis ce que le pied du contenu se prolonge dans
le troisième quart trigonométrique alors que la tête est remontée dans le
premier quart trigonométrique, caractérisé en ce que l'on établit, par
modélisation, un algorithme qui définit une relation entre le degré de
15 remplissage d'un broyeur, d'une part, et les positions angulaires du pied
et de la tête du contenu du broyeur ainsi que de sa puissance absorbée,
d'autre part, en ce que l'on mesure dans le broyeur dont on veut détermi-
ner le taux de remplissage les positions angulaires du pied et de la tête du
contenu ainsi que de sa puissance absorbée et en ce que l'on détermine,
à l'aide de ces mesures et de l'algorithme, le taux de remplissage du
20 broyeur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on détermine séparément le taux de remplissage en engins broyants et le taux de remplissage de la pulpe.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on
25 mesure les positions angulaires du pied et de la tête de la charge
broyante à l'aide d'un capteur inductif par rapport à une position angulaire
de référence.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on
30 mesure les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe à l'aide
d'un capteur conductif par rapport à une position angulaire de référence.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'algorithme est du type :

$$J = a \alpha_1 + b \alpha_2 + c kW + d \text{ dans lequel :}$$

- J est le taux de remplissage ;
- α_1 et α_2 sont les positions angulaires du pied et de la tête du
35 contenu ;

- kW est la puissance absorbée en kilowatts ;
- a,b,c,d sont des coefficients paramétriques déterminés empiriquement.

6. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une
5 quelconque des revendications 1 à 5 pour l'évaluation du taux de remplis-
sage d'un broyeur dont la virole comporte un blindage intérieur, caracté-
risé en ce que le blindage comporte au moins une plaque en résine ou
élastomère dans laquelle est intégré un système de détection destiné à
10 détecter la position angulaire dans laquelle ledit système pénètre dans le
contenu du broyeur et la position angulaire dans laquelle ledit système
quitte le contenu du broyeur, en ce que la virole comporte un capteur
destiné à engendrer un signal de synchronisation à chaque tour du
broyeur, en ce que les signaux fournis par le système de détection et le
15 capteur sont traités dans un dispositif de traitement embarqué et envoyé
par radio vers un centre de calcul.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le
dispositif de détection se trouve dans une porte d'accès du broyeur.

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le
dispositif de détection comporte un capteur conducteur pour déterminer
20 séparément les positions angulaires du pied et de la tête de la charge
broyante.

9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit
dispositif de détection comporte un capteur conducteur pour déterminer
séparément les positions angulaires du pied et de la tête de la pulpe.

25 10. Dispositif selon les revendications 8 et 9, caractérisé en ce
que tous les capteurs sont doublés et enfouis à des profondeurs
différentes des plaques qui les portent.

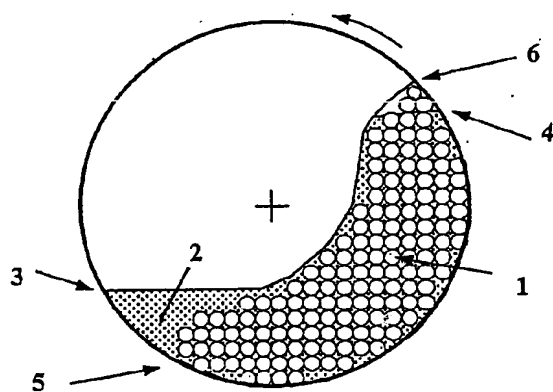


Fig. 1

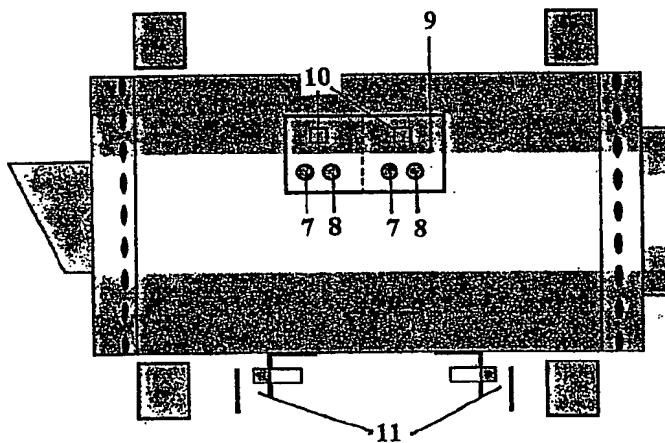


Fig. 2

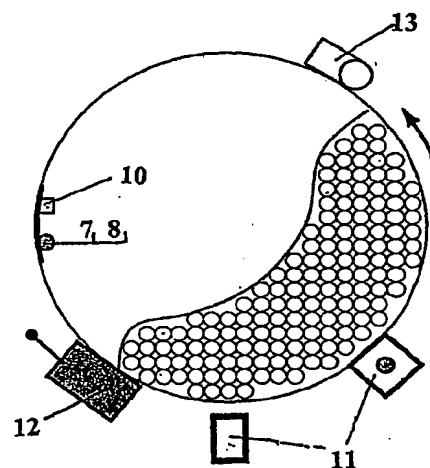


Fig. 3

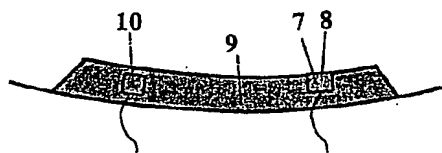


Fig. 4

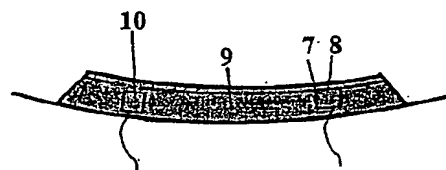


Fig. 5

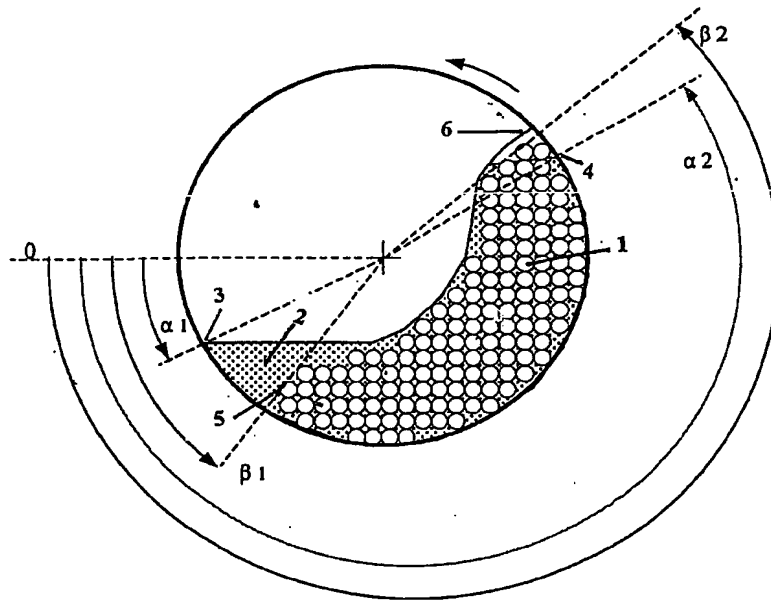


Fig. 6

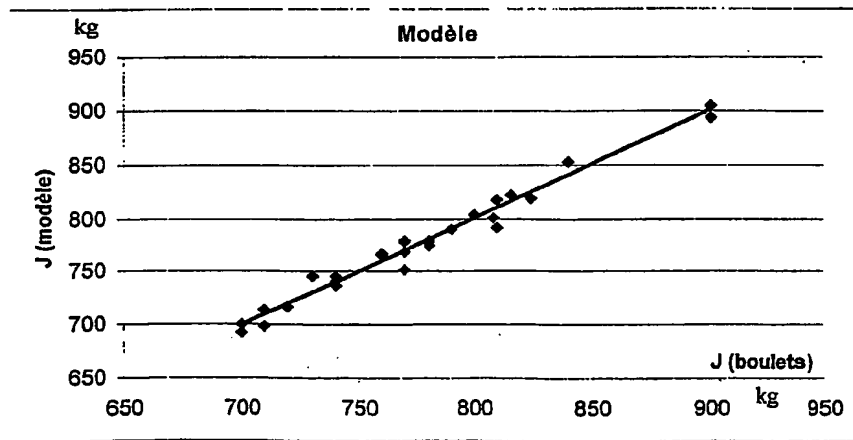


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/12637

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B02C17/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 698 797 A (FONTANILLE DANIEL ET AL) 16 December 1997 (1997-12-16) abstract; claim 1; figures 2,4,5	1,2,6,8, 9
A	DE 21 17 556 A (FRIED. KRUPP GMBH.) 26 October 1972 (1972-10-26) claims 1-5	1,6
A	DE 16 07 580 A (RHEINISCHE KALKSTEINWERKE) 2 October 1969 (1969-10-02) claims 1-4	1,6
A	FR 2 792 224 A (ALSTOM) 20 October 2000 (2000-10-20) claim 3	1,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2003

Date of mailing of the international search report

21/02/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Redelsperger, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/12637

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5698797	A	16-12-1997	FR 2734739 A1 AT 192670 T CA 2177932 A1 CN 1142988 A DE 69608163 D1 DE 69608163 T2 DK 745427 T3 EP 0745427 A1 ES 2147905 T3 ZA 9507979 A	06-12-1996 15-05-2000 02-12-1996 19-02-1997 15-06-2000 21-12-2000 02-10-2000 04-12-1996 01-10-2000 18-04-1996
DE 2117556	A	26-10-1972	DE 2117556 A1	26-10-1972
DE 1607580	A	02-10-1969	DE 1607580 A1	02-10-1969
FR 2792224	A	20-10-2000	FR 2792224 A1 AU 754114 B2 AU 3825600 A CN 1348398 T CZ 20013710 A3 EP 1173280 A1 WO 0062935 A1	20-10-2000 07-11-2002 02-11-2000 08-05-2002 13-02-2002 23-01-2002 26-10-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/EP 02/12637

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B02C17/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B02C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 698 797 A (FONTANILLE DANIEL ET AL) 16 décembre 1997 (1997-12-16) abrégé; revendication 1; figures 2,4,5	1,2,6,8, 9
A	DE 21 17 556 A (FRIED. KRUPP GMBH.) 26 octobre 1972 (1972-10-26) revendications 1-5	1,6
A	DE 16 07 580 A (RHEINISCHE KALKSTEINWERKE) 2 octobre 1969 (1969-10-02) revendications 1-4	1,6
A	FR 2 792 224 A (ALSTOM) 20 octobre 2000 (2000-10-20) revendication 3	1,6

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 janvier 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/02/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Redelsperger, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements fournis aux membres de familles de brevets

Requête internationale No

PCT/EP 02/12637

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5698797	A	16-12-1997	FR 2734739 A1	06-12-1996
			AT 192670 T	15-05-2000
			CA 2177932 A1	02-12-1996
			CN 1142988 A	19-02-1997
			DE 69608163 D1	15-06-2000
			DE 69608163 T2	21-12-2000
			DK 745427 T3	02-10-2000
			EP 0745427 A1	04-12-1996
			ES 2147905 T3	01-10-2000
			ZA 9507979 A	18-04-1996
DE 2117556	A	26-10-1972	DE 2117556 A1	26-10-1972
DE 1607580	A	02-10-1969	DE 1607580 A1	02-10-1969
FR 2792224	A	20-10-2000	FR 2792224 A1	20-10-2000
			AU 754114 B2	07-11-2002
			AU 3825600 A	02-11-2000
			CN 1348398 T	08-05-2002
			CZ 20013710 A3	13-02-2002
			EP 1173280 A1	23-01-2002
			WO 0062935 A1	26-10-2000